

УДК 629.04.015 : 625.1.03

Влияния жесткости подрельсового основания на сопротивление движению подвижного состава

Д.И. Бочкарёв¹, И.И. Проневич¹, А.С. Лапушкин¹, А.С. Постников², О.В. Кузьменко³

¹Белорусский государственный университет транспорта,
ул. Кирова, 34, г. Гомель 246653, Беларусь

²Белорусская железная дорога,
ул. Ленина, 17, г. Минск 220030, Беларусь

³ОАО «Строительный трест № 14»,
ул. Тельмана, 4, г. Гомель 246003, Беларусь

Поступила в редакцию 02.03.2021.

После доработки 25.10.2021.

Принята к публикации 25.10.2021.

В статье приведены результаты исследований влияния жёсткости подрельсового основания на сопротивление движению подвижного состава для точечного и сплошного расположения упругих элементов в конструкции верхнего строения пути. Построены графики зависимостей коэффициента трения качения, силы трения и мощности силы трения от жёсткости упругих элементов. Даны рекомендации по использованию полученных результатов при выполнении расчётов сопротивления движению от сил трения в рамках тяговых расчётов. Наглядно показано снижение сопротивления движению подвижного состава при увеличении жёсткости виброизолирующих элементов верхнего строения железнодорожного пути. Установлено, что при взаимодействии железнодорожного подвижного состава со скоростью 60 км/ч и участка железнодорожного пути, имеющего пониженную на 40 % (с 15 кН/мм до 9 кН/мм) жёсткость, пропорционально увеличиваются на 78,6 % коэффициент трения качения, сила трения и мощность силы трения. Отмечено, что выраженный характер увеличения значений характеристик трения отмечается в диапазоне значений жёсткости 9—60 кН/мм. Дальнейший рост жёсткости виброизолирующего основания практически не приводит к дополнительному снижению коэффициента трения качения, силы трения и мощности силы трения, а также к существенному отличию их значений, соответствующих различным скоростям. Практическая значимость заключается в получении значения жёсткости упругих элементов подрельсового основания 60 кН/мм, достаточное для снижения шума и вибрации от подвижного состава и максимальное с точки зрения минимизации сопротивления его движению.

Ключевые слова: верхнее строение пути, виброизолирующий элемент, коэффициент трения качения, сила трения, мощность силы трения, жёсткость, тяговый расчёт.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-586-595

Адрес для переписки:

Д.И. Бочкарёв
Белорусский государственный университет транспорта,
ул. Кирова, 34, г. Гомель 246653, Беларусь
e-mail: bochk_dmitr@mail.ru

Для цитирования:

Д.И. Бочкарёв, И.И. Проневич, А.С. Лапушкин, А.С. Постников,
О.В. Кузьменко.

Влияния жесткости подрельсового основания на сопротивление
движению подвижного состава.

Трение и износ.

2021. — Т. 42, № 5. — С. 586—595.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-586-595

Address for correspondence:

D.I. Bochkaryov
Belarusian State University of Transport,
str. Kirova, 34, Gomel 246653, Belarus
e-mail: bochk_dmitr@mail.ru

For citation:

D.I. Bochkaryov, I.I. Pranovich, A.S. Lapushkin, A.S. Postnikov, and
O.V. Kuzmenko.

[Influence of the Under-Rail Base Stiffness on the Resistance to
Movement of Rolling Stock].

Trenie i Iznos.

2021, vol. 42, no. 5, pp. 586—595 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-586-595

Influence of the Under-Rail Base Stiffness on the Resistance to Movement of Rolling Stock

D.I. Bochkaryov¹, I.I. Pranovich¹, A.S. Lapushkin¹, A.S. Postnikov², and O.V. Kuzmenko³

¹Belarusian State University of Transport,
str. Kirova, 34, Gomel 246653, Belarus

²Belarusian Railway,
Lenin Street, 17, Minsk 220030, Belarus

³JSC “Construction Trust No. 14”,
Telman str., 4, Gomel 246003, Belarus

Received 02.03.2021.

Revised 25.10.2021.

Accepted 25.10.2021.

Abstract

The article presents the results of studies of the effect of the rigidity of the sub-rail base on the resistance to movement of rolling stock for the point and solid arrangement of elastic elements in the structure of the upper structure of the track. Graphs of the dependences of the rolling friction coefficient, the friction force and the power of the friction force on the stiffness of elastic elements are constructed. Recommendations are given on the use of the results obtained when performing calculations of resistance to movement from friction forces in the framework of traction calculations. A decrease in the resistance to movement of rolling stock with an increase in the rigidity of the vibration-insulating elements of the upper structure of the railway track is clearly shown. It was found that when railway rolling stock interacts with a speed of 60 km/h and a section of the same road track having a stiffness reduced by 40 % (from 15 kN/mm to 9 kN/mm), the rolling friction coefficient, the friction force and the power of the friction force increase proportionally by 78.6 %. It is noted that the pronounced nature of the increase in the values of the friction characteristics is noted in the range of stiffness values of 9—60 kN/mm. A further increase in the rigidity of the vibration-insulating base practically does not lead to an additional decrease in the coefficient of rolling friction, the friction force and the power of the friction force, as well as to a significant difference in their values corresponding to different speeds. The practical significance lies in obtaining the stiffness value of the elastic elements of the sub-rail base equal to 60 kN/mm and sufficient to reduce noise and vibration from the rolling stock, as well as the maximum in terms of minimizing resistance to movement.

Keywords: metal-ceramics, cermets, coefficient of friction, wear, hardness, impact toughness.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-586-595

Адрес для переписки:

Д.И. Бочкарёв
Белорусский государственный университет транспорта,
ул. Кирова, 34, г. Гомель 246653, Беларусь
e-mail: bochk_dmitr@mail.ru

Address for correspondence:

D.I. Bochkaryov
Belarusian State University of Transport,
str. Kirova, 34, Gomel 246653, Belarus
e-mail: bochk_dmitr@mail.ru

Для цитирования:

Д.И. Бочкарёв, И.И. Проневич, А.С. Лапушкин, А.С. Постников,
О.В. Кузьменко.

Влияние жесткости подрельсового основания на сопротивление
движению подвижного состава.

Трение и износ.

2021. — Т. 42, № 5. — С. 586—595.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-586-595

For citation:

D.I. Bochkaryov, I.I. Pranovich, A.S. Lapushkin, A.S. Postnikov, and
O.V. Kuzmenko.

[Influence of the Under-Rail Base Stiffness on the Resistance to
Movement of Rolling Stock].

Trenie i Iznos.

2021, vol. 42, no. 5, pp. 586—595 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-586-595

Список использованных источников

1. Бочкарев Д.И., Кебиков А.А., Мирошиников Н.Е., Полищук В.П., Казак П.М. Современное состояние и перспективы развития конструкций пути для метрополитена // Механика машин, механизмов и материалов. — 2012, № 2, 94—99
2. Бочкарев Д.И., Лапушкин А.С. Современное состояние, анализ работы и перспективы развития промежуточных рельсовых скреплений // Механика машин, механизмов, материалов. — 2019, № 2, 85—92
3. Анисимов В.А. Тяговые расчёты: Монография. — Хабаровск. — 2013. [Электронный ресурс]: <https://sites.google.com/site/tagapoezd/monografia>. Доступ 16.02.2021.
4. Керопян А.М., Вержанский П.М., Мостаков В.А., Басов Р.К. Зависимость коэффициента трения в зоне контакта системы колесо - рельс от шероховатости взаимодействующих поверхностей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2016, № 11, 80—89
5. Привалов С. В. Влияние жесткости подрельсового основания на взаимодействие экипажа и пути: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.06. — Москва. — 2004
6. Сычёв В.П., Новожилов Т.В. Исследование влияния на работу железнодорожного пути демпфирующих подкладок под рельсы и шпалы // Наука и техника транспорта. — 2016, № 1, 63—68
7. Каплин В.Н., Мыслiveц М.Н., Сидорова Е.А., Полунина Е.А. Расчетно-экспериментальная оценка влияния использования подшпальных прокладок на показатели динамического воздействия подвижного состава на путь встыковой зоне // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. — 2019 (78), № 4, 241—248
8. Liu, Linya & Zhiyuan, Zuo & Zhou, Yunlai & Qin, Jialiang & niu, zhenyu. Insights into Under-rail Rubber Pad's Effect on Vehicle-Track-Viaduct System Dynamics // Shock and Vibration. — 2021
9. T. Schreckendiek et al. Geotechnical Safety and Risk V (Eds.) — Amsterdam, Netherlands. — 2015
10. Tkachenko V.P., Sapronova S.Y., Maliuk S.V., and Kulbovskyi I. I. Machine Building Studying the Structure of Railway Rolling Stock Resistance // Metallurgical and Mining Industry. — Kyiv, Ukraine. — 2016, 30—36
11. Yi Zhu. Adhesion in the Wheel – Rail Contact under Contaminated Conditions: Doctoral thesis. — Department of Machine Design Royal Institute of Technology. — Stockholm. — 2013
12. Brandon Talamini Jeff Gordon A. Benjamin Perlman. Investigation of the Effects of Sliding on

Wheel Tread Damage // ASME International Mechanical Engineering Congress — 2005, Orlando, FL USA. — 2005, 1—7

References

1. Bochkaryov D.I., Kebikov A.A., Miroshnikov N.E., Polishchuk V.P., and Kazak P.M. Modern Level and Future Trends of Metro Railway Constructions // Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials. Hardback. — 2012, no. 2, 94—99 (in Russian)
2. Bochkaryov D.I. and Lapushkin A.S. Modern Condition, Analysis of the Work and Prospects of Development the Intermediate Rail Fasteners // Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials. — 2019, no. 2, 85—92 (in Russian)
3. Anisimov V.A. Traction Calculations: Monograph. — Khabarovsk. — 2013. [Electronic resource]: <https://sites.google.com/site/tagapoezd/monografia>. Accessed 16.02.2021. (in Russian)
4. Keropyan A.M., Verzhanskij P.M., Mostakov V.A., Basov R.K. Zavisimost' koeficientea treniya v zone kontakta sistemy koleso - rel's ot sherohovatosti vzaimodejstvuyushchih poverhnostej // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) — 2016, № 11, 80—89 (in Russian)
5. Privalov S.V. Vliyanie zhestkosti podrel'so-vogo osnovaniya na vzaimodejstvie ekipazha i puti: dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.06. — Moskva. — 2004 (in Russian)
6. Sychyov V.P., Novozhilov T.V. Issledovanie vliyaniya na rabotu zheleznodorozhного puti dempfiruyushchih podkladok pod rel'sy i shpalы // Nauka i technika transporta. — 2016, № 1, 63—68 (in Russian)
7. Kaplin V.N., Myslivec M.N., Sidorova E.A., Polunina E.A. Raschetno-eksperimental'naya ocenka vliyaniya ispol'zovaniya podshpal'nyh prokladok na pokazateli dinamicheskogo vozdejstviya podvizhnogo sostava na put' v stykovoj zone // Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. — 2019 (78), № 4, 241—248 (in Russian)
8. Liu, Linya & Zhiyuan, Zuo & Zhou, Yunlai & Qin, Jialiang & niu, zhenyu. Insights into Under-rail Rubber Pad's Effect on Vehicle-Track-Viaduct System Dynamics // Shock and Vibration. — 2021
9. Schreckendiek T. et al. Geotechnical Safety and Risk V (Eds.) — 2015, Amsterdam, Netherlands.
10. Tkachenko V.P., Sapronova S.Y., Maliuk S.V., and Kulbovskyi I. I. Machine Building Studying the Structure of Railway Rolling Stock Resistance // Metallurgical and Mining Industry. — Kyiv, Ukraine. — 2016, 30—36
11. Yi Zhu Adhesion in the Wheel – Rail Contact under Contaminated Conditions: Doctoral thesis. — Department of Machine Design Royal Institute of Technology. — Stockholm. — 2013

12. Brandon Talamini Jeff Gordon A. Benjamin Perlman. Investigation of the Effects of Sliding on

Wheel Tread Damage // ASME International Mechanical Engineering Congress — 2005, Orlando, FL USA. — 2005, 1—7

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11
Full text of articles can be purchased from the editorial office.
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11
E-mail: FWJ@tut.by